

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕОГРАФИИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЮНЫХ ДЕВУШЕК-БЕГУНИЙ НА СРЕДНИЕ ДИСТАНЦИИ

Е.Г. Цуканова-Германова

Воронежский государственный архитектурно-строительный
университет, Воронеж, Россия, egermi@mail.ru

Введение. Возможности реализации двигательного потенциала у юных спортсменов во многом связаны со способностью адаптации сердечно-сосудистой системы к специфической двигательной деятельности, в том числе на периферическом уровне, в работающих мышцах, где состояние регионального кровообращения предопределяет проявление ряда двигательных способностей, одной из которых является локальная мышечная выносливость, столь важная в циклических видах спорта. Несмотря на то, что исследованию сердечно-сосудистой системы у спортсменов посвящены многочисленные научные работы и, в первую очередь, в области кардиодинамики и системной гемодинамики, разработок по изучению и оценке регионального мышечного кровотока, по-прежнему крайне мало. Вместе с тем, в последние годы стали появляться сообщения и научные рекомендации, основанные на базе исследований аппарата кровообращения у высококвалифицированных спортсменов. Так, к примеру, работы А.Д. Викулова [1,2], Е.Ю. Дратцева [3,4], А.А. Мельникова [5], М.Б. Огурцовой [7,8] посвящены изучению особенностей регионального мышечного кровотока у высококвалифицированных пловцов, лыжников, легкоатлетов, в видах спорта с проявлением силы. В отличие от квалифицированных спортсменов, нормативной оценке проявлений регионального кровотока у юных спортсменов уделяется неоправданно малое внимание в исследованиях, что создает проблемы для спортивной тренировки, поскольку, с одной стороны, современные требования к управлению тренировочным процессом спортсменов, в том числе при отборе в группы подготовки, контроле функциональной подготовленности требуют необходимых физиологических знаний, с другой стороны – их количество ограничено.

Методика исследования. В исследовании изучались особенности гемодинамики различных сегментов нижних конечностей в состоянии покоя у легкоатлеток–девушек, тренирующихся в группах спортивного совершенствования СДЮСШОР, имеющих квалификацию КМС-I разряд. Объектом исследования явились 22 девушки указанной квалификации со стажем занятий 3-5 лет, средний результат ($X \pm \delta$) которых в беге на дистанции 800 м в текущих соревнованиях составил $2.17,4 \pm 6,2$ сек.

Для исследования регионального кровотока на участках «голень» и «бедро» применяли реографический аппаратно-программный комплекс экспресс-оценки и мониторингирования параметров гемодинамики на основе тетраполярной реографии и на базе персонального компьютера с соответствующим программным обеспечением (реоанализатор КМ-АР-01, Санкт-Петербург, Россия, 2006). Региональное кровообращение оценивали по следующим параметрам [9,10,11]: амплитуде реограммы (APG); амплитуде артериальной компоненты (AAK); максимальному систолическому значению венозной компоненты (BK); амплитудно-частотному показателю – артериальный – ($A60$); амплитудно-частотному показателю – венозный – ($B60$); венозно-артериальному показателю (B/A); средней реографической скорости пульсового кровенаполнения (F); средней скорости убывания РГ на последней четверти периода ($V_{ув}$); средней скорости систолического нарастания

венозной компоненты (V_v); венозному оттоку (BO), средней скорости наполнения артериальных сосудов (V_{cp}); средней скорости быстрого кровенаполнения (V_b); средней скорости медленного кровенаполнения (V_m); амплитудному показателю сосудистого тонуса ($АПСТ$); временному показателю сосудистого тонуса ($ВПСТ$); показателю тонуса сосудов ($ПТС$); индексу периферического сопротивления ($ИПС$); времени быстрого кровенаполнения ($ВБК$); времени медленного кровенаполнения ($ВМК$); времени распространения систолической волны ($ВРСВ$); времени появления венозной волны ($ВПВВ$); количеству крови, поступающей в 100 см^3 ткани за 1 минуту ($Vq100$); количеству крови, поступающей в 100 см^3 ткани за 1 сердечное сокращение ($Vs100$); реографическому систолическому индексу (PI); показателю модуля упругости ($ПМУ$); амплитудно-частотному показателю ($АЧП$); времени максимального систолического наполнения сосудов ($АФ$); относительному объемному пульсу ($ООП$); максимальной скорости быстрого наполнения (V_{max}); амплитуде диастолической волны (дикротического зубца) ($АДВ$); амплитуде инцизуры ($И-Ј$); коэффициенту асимметрии ($КА$); диастолическому индексу – артериальному ($ДСИа$); дикротическому индексу – артериальному ($ДКИа$); отношению амплитуды артериальной компоненты и дикротического зубца ($АД$); коэффициенту венозного оттока ($КВО$); коэффициенту эластичности ($КЭ$).

При анализе реограмм (PI) используются амплитудные и временные характеристики. Отметим, что $APГ$ определяется, главным образом, пульсовым приращением крови; чем больше объемное кровообращение мышечной ткани в единицу времени, тем выше прирост $APГ$, и это отображается в характеристике реограммы. По данным А.М. Старшова, И.В. Смирнова [10] $APГ$ в норме составляет: бедро – $0,02-0,04$ Ом, голень – $0,06-0,12$ Ом, стопа – $0,08-0,15$ Ом. В других рекомендациях [6-9, 11] для голени норма: $APГ > 0,08$ Ом, $ПТС = 11-17\%$, $КА < 25\%$, $ДКИ < 40\%$, $ДСИ < 80\%$.

Результаты исследования. Сравнительный анализ основных параметров интенсивности артериального кровотока голени и бедра бегуний-легкоатлетов (табл.1) позволил установить повышение объемного кровенаполнения и более интенсивный артериальный кровоток в области дистальных сегментов нижних конечностей в сравнении с проксимальными. На это указывает статистически достоверное различие в величинах $APГ = 0,14 \pm 0,03$ Ом – амплитуды реограммы, $ААК = 0,14 \pm 0,03$ Ом – амплитуды артериальной компоненты реограммы ($t_{расч} = 16,30$; $P < 0,001$), $А60 = 0,15 \pm 0,03$ Ом/сек – артериального амплитудно-частотного показателя ($t_{расч} = 13,64$; $P < 0,001$), $PI = 1,36 \pm 0,33$ у.е. – географического систолического индекса ($t_{расч} = 14,84$; $P < 0,001$), $АЧП = 1,38 \pm 0,34$ у.е. – амплитудно-частотного показателя ($t_{расч} = 11,24$; $P < 0,001$), $ООП(PR) = 0,99 \pm 0,64$ промилле – относительного объемного пульса ($t_{расч} = 5,36$; $P < 0,001$) и других параметрах голени по сравнению с бедром (левая сторона). Подобные различия наблюдаются и в правосторонних сегментах тела.

Таблица – Параметры гемодинамики нижних конечностей бегуний на средние дистанции (девушки КМС–I разряд), $\bar{X} \pm \delta$

Показатели	Голень левая	Голень правая	Бедро левое	Бедро правое
	n=22	n=22	n=18	n=18
$APГ$, Ом	$0,14 \pm 0,03$	$0,14 \pm 0,03$	$0,03 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,01$
$ААК$ (A), Ом	$0,14 \pm 0,03$	$0,14 \pm 0,03$	$0,03 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,01$
$ВК$ (B), Ом	$0,11 \pm 0,03$	$0,12 \pm 0,02$	$0,02 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01$
$А60$, Ом/сек	$0,15 \pm 0,04$	$0,16 \pm 0,04$	$0,03 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,01$
$В60$, Ом/сек	$0,12 \pm 0,03$	$0,13 \pm 0,03$	$0,02 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01$
F , Ом/сек	$0,25 \pm 0,07$	$0,28 \pm 0,08$	$0,05 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,02$
$V_{ув}$, Ом/сек	$-0,04 \pm 0,06$	$-0,01 \pm 0,13$	$0,01 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,01$
V_v , Ом/сек	$1,69 \pm 0,37$	$1,94 \pm 0,48$	$0,21 \pm 0,07$	$0,22 \pm 0,06$
V_{cp} , Ом/сек	$1,21 \pm 0,40$	$1,27 \pm 0,29$	$0,23 \pm 0,06$	$0,23 \pm 0,06$
V_b , Ом/сек	$1,52 \pm 0,36$	$1,69 \pm 0,41$	$0,32 \pm 0,09$	$0,31 \pm 0,08$
V_m , Ом/сек	$0,64 \pm 0,42$	$0,61 \pm 0,18$	$0,12 \pm 0,03$	$0,12 \pm 0,03$
$АПСТ$	$0,79 \pm 0,02$	$0,79 \pm 0,03$	$0,74 \pm 0,03$	$0,74 \pm 0,02$
$ВПСТ$	$1,37 \pm 0,09$	$1,36 \pm 0,10$	$1,10 \pm 0,16$	$1,06 \pm 0,12$
$ПТС$, %	$12,0 \pm 1,9$	$12,2 \pm 1,9$	$15,0 \pm 2,7$	$15,0 \pm 2,1$

Окончание таблицы

<i>ВБК</i> , сек	0,06±0,01	0,06±0,01	0,07±0,01	0,07±0,01
<i>ВМК</i> , сек	0,05±0,01	0,05±0,01	0,07±0,01	0,07±0,01
<i>ВРСВ</i> , сек	0,30±0,03	0,30±0,03	0,26±0,02	0,26±0,02
<i>ВПВВ</i> , сек	0,47±0,04	0,47±0,03	0,52±0,03	0,52±0,02
<i>Vq100</i> , мл/мин	13,85±3,51	13,57±2,97	12,43±2,40	12,48±2,30
<i>Vs100</i> , мл/мин	0,21±0,04	0,21±0,03	0,19±0,03	0,20±0,03
<i>РИ</i> , у.е.	1,36±0,31	1,45±0,30	0,33±0,09	0,33±0,08
<i>АЧП</i> , у.е.	1,38±0,42	1,56±0,44	0,34±0,10	0,34±0,10
<i>АФ</i> , сек	0,11±0,01	0,12±0,01	0,14±0,01	0,15±0,01
<i>ООП</i> , промиле	0,99±0,25	1,10±0,29	0,64±0,16	0,67±0,12
<i>V max</i> , Ом/сек	0,11±0,03	0,12±0,04	0,03±0,01	0,02±0,01
<i>АДВ</i> , Ом	0,05±0,01	0,06±0,02	0,02±0,01	0,02±0,01
<i>И (J)</i> , Ом	0,05±0,01	0,06±0,02	0,02±0,01	0,02±0,01
<i>КА</i> , %	–	21,8±24,9	–	17,0±18,2
<i>ДСИa</i> , %	43,2±6,5	46,6±8,2	51,5±9,2	53,4±6,8
<i>ДКИa</i> , %	43,0±6,5	43,9±9,1	47,7±13,5	47,2±5,3
<i>АД</i> , Ом/сек	1,72±0,39	1,93±0,46	0,38±0,10	0,37±0,09
<i>КВО</i> , %	7,14±17,5	10,5±10,4	20,0±10,9	27,2±9,5
<i>КЭ</i>	12,1±4,0	12,7±2,9	2,3±0,6	2,3±0,6
<i>Р-баз</i> , Ом	138,3±22,0	140,7±19,8	51,2±9,0	49,8±7,8

В случае неравных объемов выборки и неравных дисперсий, $H_0 : (\bar{X}_1 \neq \bar{X}_2)$ при числе степеней свободы $v=n_1+n_2-2=22+18-2=38$, если $\alpha=0,05$ $t_{расчет} > 2,042$; $\alpha=0,01$ $t_{расчет} > 2,750$; $\alpha=0,001$ $t_{расчет} > 3,646$.

Показано, что крупные, средние артерии голени характеризуются более низким тонусом, на это указывают большие значения величин $Vcp=1,21 \pm 0,23$ Ом/сек – средней скорости наполнения артериальных сосудов ($t_{расч}=11,34$; $P<0,001$), $Vmax=0,11 \pm 0,03$ Ом/сек – максимальной скорости быстрого наполнения ($t_{расч}=12,52$; $P<0,001$), $ВПСТ=1,37 \pm 1,10$ – временного показателя сосудистого тонуса ($t_{расч}=6,38$; $P<0,001$) дистального сегмента нижних конечностей относительно проксимального сегмента. Выявлено состояние высокой эластичности артерий голени по сравнению с бедром, об этом свидетельствуют большие параметры $КЭ=12,1 \pm 2,3$ ед. – коэффициента эластичности ($t_{расч}=11,34$; $P<0,001$), меньшие $АФ=0,11 \pm 0,14$ сек – времени максимального систолического наполнения сосудов ($t_{расч}=9,46$; $P<0,001$) в дистальном отделе нижних конечностей.

Выявлено, что периферическое сопротивление сосудов и сосудистый тонус на уровне прекапилляров в области голени и бедра сходны. Об этом свидетельствует отсутствие статистически значимых отличий в значениях величин $ДКИ=43,0 \pm 47,7\%$ – дикротического индекса ($t_{расч}=1,35$; $P>0,05$). Очевидно, что сходное периферическое сопротивление и тонус в области различных сегментов нижних конечностей определяются интенсивной трофикой мышц, активно участвующих в выполнении физических нагрузок. Высказанное суждение подтверждается отсутствием достоверных отличий в значениях величин $Vq100=13,85 \pm 12,43$ мл/мин – количества крови, поступающей в 100 см³ ткани за 1 минуту ($t_{расч}=1,51$; $P>0,05$) и $Vs100=0,21 \pm 0,19$ мл/мин – количества крови, поступающей в 100 см³ ткани за 1 сердечное сокращение ($t_{расч}=1,82$; $P>0,05$) в область голени и бедра.

Установлено различие в организации венозного оттока различных сегментов нижних конечностей, на что указывают величины $КВО=7,1 \pm 20,0\%$ – коэффициента венозного оттока ($t_{расч}=2,85$; $P<0,001$). Снижение данного параметра в области голени по отношению к бедру свидетельствует об облегчении в ней возвратного кровоснабжения в ответ на зарегистрированное нами увеличение артериального притока и объемное кровенаполнение дистального сегмента нижней конечности.

У юных бегунов на средние дистанции в процессе спортивного совершенствования наблюдаются процессы экономизации в деятельности сердечно-сосудистой системы, им характерно нормальное, не нарушенное кровенаполнение сосудов, сниженный тонус крупных и средних артерий, преобладающий тонус артериолл и капилляров, в целом интенсивный артериальный кровоток, повышение венозного тонуса и оптимальный уровень подготовленности венозный возврат.

Все параметры, используемые для оценки гемодинамики нижних конечностей, были подвергнуты исследованию на информативность методом корреляционного анализа. С целью выделения

наиболее информативных показателей гемодинамики, связанных с ростом спортивного мастерства, нами определялись коэффициенты корреляции (r) между анализируемыми параметрами и скоростью бега спортсменов на 800 м. Выявлена сильная корреляционная взаимосвязь между спортивным результатом и гемодинамическими параметрами голени. Например, показаны высокие значения r между скоростью бега на 800 м и абсолютными показателями APG ($r=0,933-0,766$), AAK ($r=0,929-0,781$), другими амплитудными характеристиками BK , $A60$, $B60$ ($r=0,893-0,741$), значениями PI ($r=0,937-0,759$). В области бедра подобные зависимости более слабые APG ($r=0,483$), PI ($r=0,507$).

Выводы. Изучение физиологических механизмов адаптации кровоснабжения мышц в избранных видах двигательной деятельности имеет крайне важное значение как для экспериментальной и клинической практики, так и самих видов спорта при формировании научно-методических рекомендаций по контролю, максимизации и оптимизации регионального кровообращения в условиях тренировочной и соревновательной деятельности.

Литература:

1. Викулов, А. Д. Основы изменений реологических свойств крови у человека и животных при долговременной адаптации к мышечным нагрузкам [Текст] : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.13 / Викулов Александр Демьянович; [Место защиты: Ярославский гос. пед. ун-т им. К. Д. Ушинского]. – М., 1997. – 35 с.
2. Викулов, А. Д. Сосудистый тонус и регулярные физические нагрузки [Текст] / А. Д. Викулов, Е. Ю. Дратцев, А. А. Мельников [и др.] // Физиология человека. – 2009. – Т. 35. – № 5. – С. 127-133.
3. Дратцев, Е. Ю. Состояние регионального кровообращения у спортсменов высокой квалификации [Электронный ресурс] / Е. Ю. Дратцев, А. Д. Викулов, А. А. Мельников [и др.] // Вестник спортивной науки. – 2008. – № 3. – С. 32-35.
4. Дратцев, Е. Ю. Особенности регионального мышечного кровообращения у спортсменов высокой квалификации [Электронный ресурс] : автореф. дис. ... канд. биол. Наук : 03.00.13 / Дратцев Евгений Юрьевич; [Место защиты: Ярослав. Гос. пед. Ун-т им. К.Д. Ушинского]. – Ярославль, 2008. – 23 с.
5. Мельников, А. А. Особенности гемодинамики и реологических свойств крови у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса [Электронный ресурс] / А. А. Мельников, А. Д. Викулов // Теория и практика физической культуры. – 2003. – № 1. – С. 23.
6. Комплексная оценка функционального состояния гемодинамики методом импедансной электроплетизмографии и импедансометрии [Текст] : метод. рекомендации / МЗ РСФСР; Сост. Е. А. Лужников, А. И. Ишмухаметов, Л. Г. Костомарова и [др.]. – М., 1985. – 33 с.
7. Огурцова, М. Б. Сравнительная типологическая характеристика центрального кровообращения и физической работоспособности у спортсменов-пловцов и легкоатлетов-бегунов [Текст] // М. Б. Огурцова, А. Н. Демин, Т. В. Мельник // Физическое воспитание студентов. – 2009. – № 1. – С. 39-41.
8. Огурцова, М. Б. Типологические особенности кровообращения у спортсменов-пловцов на стандартные и марафонские дистанции в зависимости от структуры тренировочного процесса [Текст] / М. Б. Огурцова // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. – 2009. – № 2. – С. 113-117.
9. Полуавтоматическая и автоматическая расшифровка реограмм [Текст] : метод. рекомендации / МЗ РСФСР; Сост.: Н. Я. Молоканов, В. А. Милягин, В. М. Стельмак. – Смоленск, 1988. – 21 с.
10. Старшов А. М. Реография для профессионалов. Методы исследования сосудистой системы [Текст] : пособ. для врачей / А. М. Старшов, И. В. Смирнов. – М. : Познавательная книга пресс, 2003. – 80 с.
11. Ярулин, Х. Х. Клиническая реоэнцефалография. – М.: Медицина, 1983. – 270 с.